

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЗНАЧЕНИЯ СУММАРНОЙ СИЛЫ В ПОПЕРЕЧНОМ НАПРАВЛЕНИИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЖЕСТКОСТИ ПРОМЕЖУТОЧНОГО РЕЛЬСОВОГО СКРЕПЛЕНИЯ

Аннотация: В ходе работы проводились расчеты для определения величины суммарных сил в поперечном направлении в зависимости от величины вертикальной и горизонтальной жесткости промежуточных рельсовых креплений в пределах круговой кривой. Расчет и анализ производился с помощью программного комплекса «Универсальный механизм». В частности, использовался модуль UM Simulation. В результате компьютерного моделирования была определена зависимость изменения поперечных сил от жесткости креплений. Было принято 3 различных значения жесткости для крепления APC-4, из которых два являлись граничными, т.е. максимальным и минимальным. В ходе анализ результатов было выявлено, что значение поперечных сил при повышении жесткости рельсовых креплений сначала снижается, а при достижении определенной жесткости вновь возрастает. Определено, что использования рельсовых креплений минимальной и максимальной жесткости является неэффективным во избежание увеличения износа элементов как верхнего строения пути, так и подвижного состава. Было подобрано оптимальное значение жесткости, при которых суммарные силы в поперечном направлении минимальны. Оно составило в вертикальном направлении 100 МПа, в горизонтальном – 130 МПа. Данные были представлены в виде графических зависимостей. Результат анализа позволяет более точно изучить взаимодействие системы «колесо-рельс» при движении вагона в пределах кривого участка пути и имеет прикладное значение при проектировании и создании рельсовых креплений.

Ключевые слов: промежуточные рельсовые крепления, суммарные силы в поперечном направлении, характер движения подвижного состава

R.A. Yushin

Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation

DETERMINATION OF THE CHANGE IN THE VALUE OF THE TOTAL FORCE IN THE TRANSVERSE DIRECTION DEPENDING ON THE RIGIDITY OF THE INTERMEDIATE RAIL FASTENING

Abstract: In the course of the work, calculations were carried out to determine the magnitude of the total forces in the transverse direction, depending on the magnitude of the vertical and horizontal stiffness of the intermediate rail fasteners within the circular curve. The calculation and analysis were performed using the Universal Mechanism software package. In particular, the UM Simulation module was used. As a result of computer modeling, the dependence of the change in transverse forces on the stiffness of the fasteners was determined. Three different stiffness values were adopted for the bonding of APC-4, of which two were boundary values, i.e. maximum and minimum. During the analysis of the results, it was revealed that the value of transverse forces decreases with increasing stiffness of rail fasteners, and increases again when a certain stiffness is reached. It is determined that the use of rail fasteners of minimum and maximum rigidity is ineffective in order to avoid increased wear on the elements of both the upper structure of the track and rolling stock. The optimal stiffness value was selected, at which the total forces in the transverse direction are minimal. It was 100 Mpa in the vertical direction and 130 Mpa in the horizontal direction. The data was presented as graphical dependencies. The result of the analysis makes it possible to more accurately study the interaction of the wheel-rail system when moving a wagon within a curved section of track and are of practical importance in the design and creation of rail fasteners. **Keywords:** intermediate rail fasteners, total forces in the transverse direction, the nature of movement of the rolling stock

Keywords: intermediate rail fasteners, total forces in the transverse direction, the nature of movement of the rolling stock

Введение

Текущее содержание пути должно осуществляться при наиболее рациональном сочетании двух основных условий: обеспечения безопасности движения поездов с установленными скоростями и ресурсосбережения [1].

Для обеспечения безопасного движения осуществляется диагностика, ремонт и изучение причин неисправности пути в целях поддержания высокого уровня его надежности.

Рельсовый путь представляет собой две непрерывные рельсовые нити, расположенные на определенном расстоянии друг от друга. Это обеспечивается за счет крепления рельсов к шпалам. Промежуточные рельсовые скрепления предназначены для надежного соединения рельсов с подрельсовым основанием. Каждый вид рельсовых скреплений, в той или иной степени уникален по своей прочности и эксплуатации [2-3]. Надежность железнодорожного пути во многом определяется надежностью подрельсового основания, от исправной работы которого зависит бесперебойность и безопасность движения поездов [4-5].

Целью данной работы является определение взаимосвязи между суммарной силой в поперечном направлении и жесткостью промежуточных рельсовых скреплений для определения ее оптимальных параметров.

Жесткость рельсовых скреплений относится к одному из ключевых параметров железнодорожного пути, отвечающему за распределение и передачу вертикальных и боковых сил между рельсом и шпалой [6]. Эффективность работы рельсового скрепления напрямую влияет на устойчивость и срок службы всего пути. Использование рельсовых скреплений высокой жесткости ведет к повышению жесткости конструкции и возрастанию критической скорости движения, что влияет на ходовую устойчивость вагонов. В тоже время низкая жесткость рельсового узла хоть и смягчает ударное воздействие при прохождении неровностей, но может оказать вредное влияние на воздействие колеса на рельс и безопасность движения в кривых [7].

В данной статье рассматривается анкерное рельсовое скрепление (далее – АРС-4). Данное скрепление было изобретено в Московском институте инженерного транспорта. На сегодняшний день с его помощью уложено более 3 тысяч километров пути на Куйбышевском, Октябрьском, Юго-Восточном и других направлениях.

Исходные данные

Для моделирования был выбран грузовой вагон, который движется со скоростью 80 км/ч в кривом участке пути радиусов $R=730$ м. Возвышение наружного рельса составляет 110 мм. Длина переходных кривых при данных параметрах составляет 60 м каждая. Нагрузка на ось для подвижного состава принималась 25 т/ось.

Информация по исходным данным и модель грузового вагона предоставлена на рисунке 1.

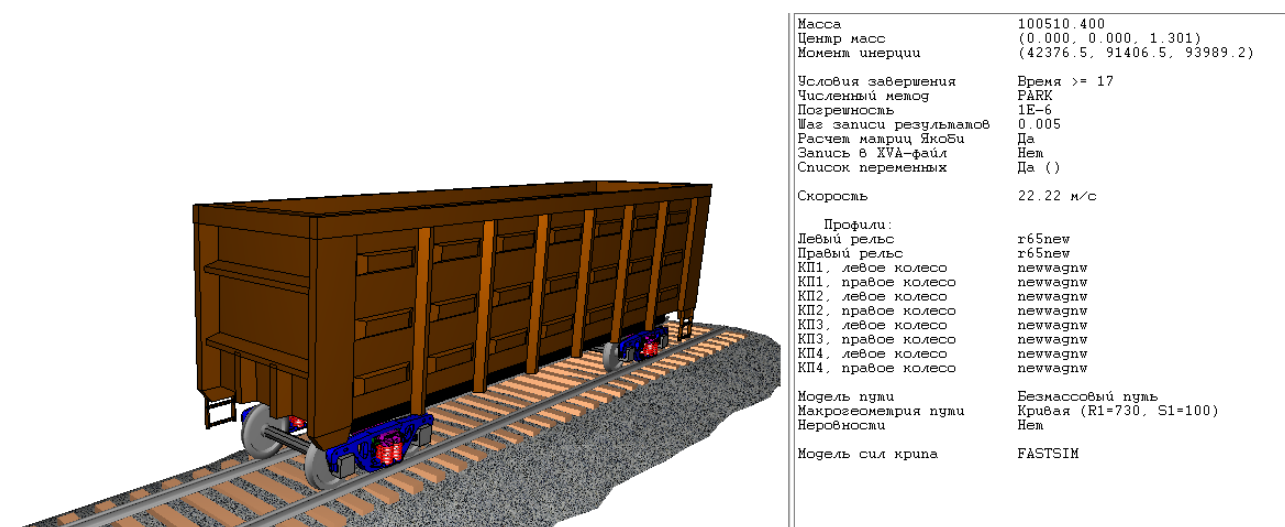


Рис.1. Модель грузового вагона с исходными данными

Расчет проводился в несколько этапов. На каждом этапе принимались различные значения вертикальной и горизонтальной жесткости промежуточного рельсового скрепления АРС-4. Для расчет были приняты значения вертикальной жесткости 50 МПа, 100 МПа и 150 МПа и горизонтальной жесткости 30 МПа, 130 МПа и 200 МПа [8-9].

Вид скрепления APC-4 представлен на рисунке 2.

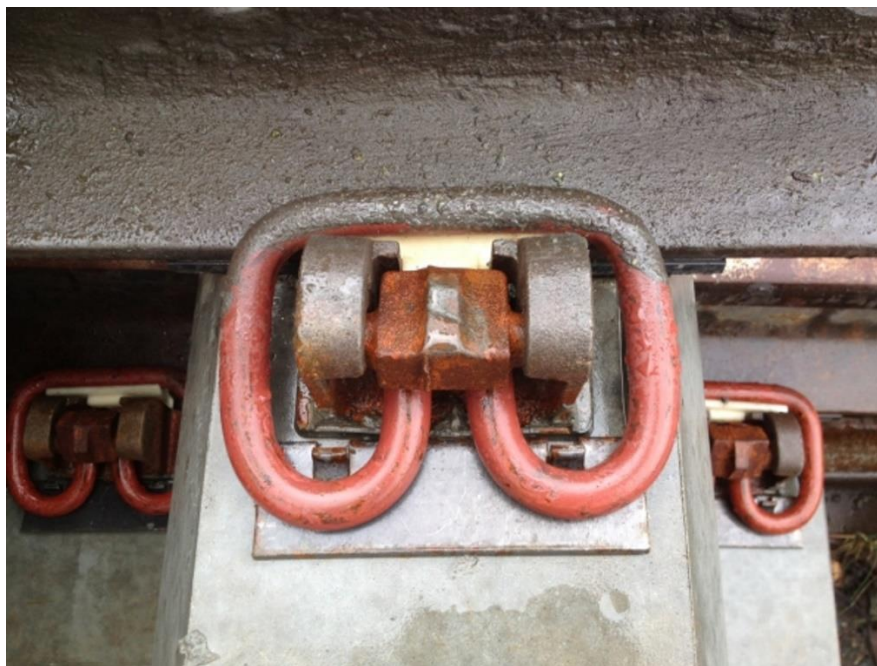


Рис.2. Промежуточное рельсовое скрепление APC-4

Результат компьютерного моделирования и анализ

Компьютерное моделирование проводилось с использованием численного метода решения интегральных уравнений – метод Парка.

Результаты расчетов представлены в виде графических зависимостей.

На рисунке 3 показаны величины суммарных сил в поперечном направлении при разных значениях жесткости рельсовых скреплений для наружной рельсовой нити. На графике показаны значения сил в момент прохождения подвижного состава по круговой кривой.

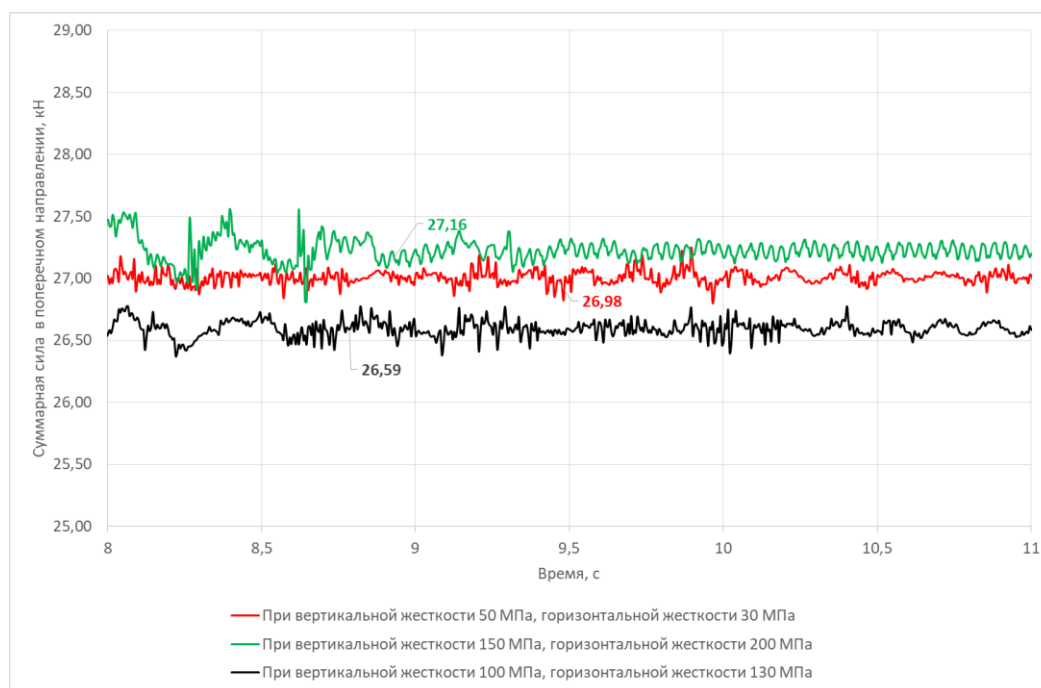


Рис.3. График величины суммарных сил в поперечном направлении при разных значениях жесткости пути

Визуально видно, что значение поперечных сил минимально при вертикальной жесткости 100 МПа и горизонтальной жесткости 130 МПа. Это свидетельствует о неэффективности использования рельсового узла больше и меньшей жесткости.

После, данные были выгружены в программу Mcs Excel и была проведена описательная статистика данных. В результате расчетов среднее значение суммарных сил в поперечном направлении при прохождении круговой кривой составило: при жесткости 50 МПа и 30 МПа – 26,98 кН; при жесткости 100 МПа и 130 МПа – 26,59 кН, при жесткости 150 МПа и 200 МПа – 27,16 кН.

На основании проведенного исследования результаты были обобщены и представлены на рисунке 4.

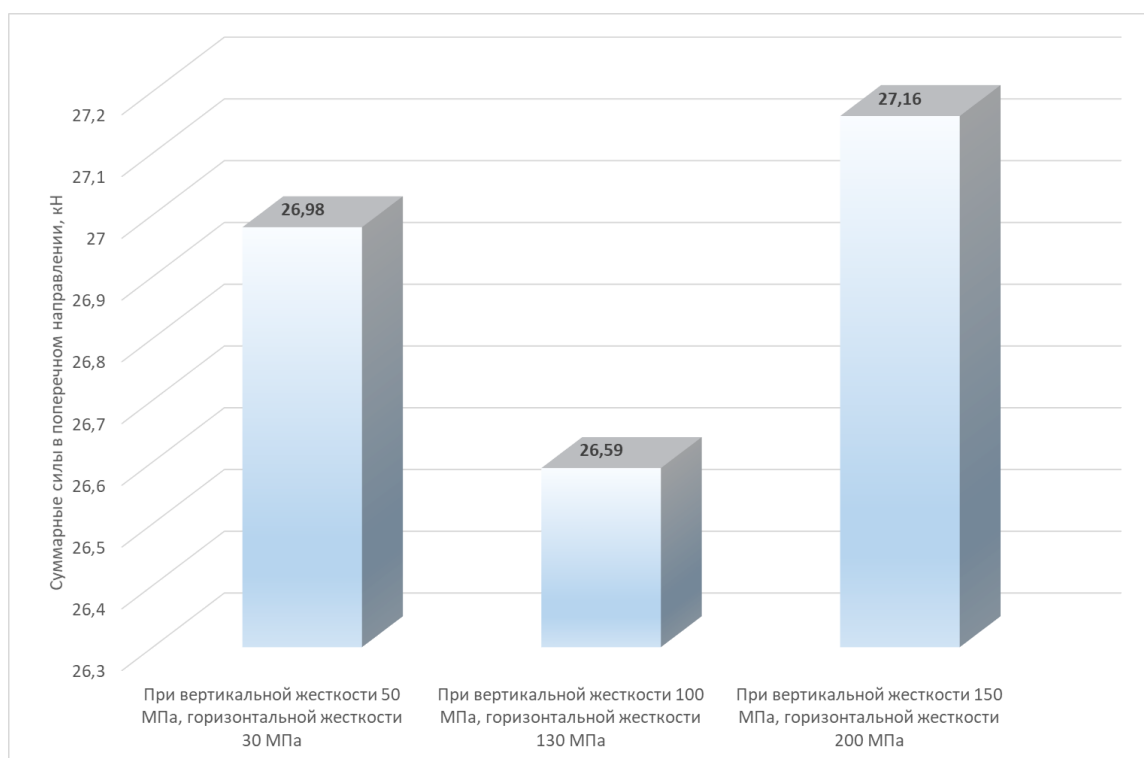


Рис.4. График зависимости суммарных сил в поперечном направлении от горизонтальной жесткости рельсовых креплений для наружной нити

Из результатов расчета, представленных на итоговом графике, можно сделать некоторые выводы о влиянии жесткости рельсовых креплений. Очевидно, что изменение суммарных сил в поперечном направлении нелинейно. Минимальное воздействие на путь получено при сочетании следующих параметров жесткости рельсового крепления APC-4:

- вертикальной жесткости 100 МПа;
- горизонтальной жесткости 130 МПа.

В связи с этим считаю, что цель данного исследования достигнута. Определены оптимальные параметры жесткости, при которых нагрузка от подвижного состава будет минимальной.

Заключение

В результате компьютерного моделирования была определена зависимость изменения суммарных сил в поперечном направлении от жесткости промежуточных рельсовых креплений. Данный расчет и анализ производился в пределах круговой кривой. Установлено, что суммарные силы в поперечном направлении изменяются нелинейно при различных значениях

жесткости. Использование рельсового узла высокой и низкой жесткости приводит к увеличению износа и сокращению срока службы элементов верхнего строения пути и элементов подвижного состава.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ОАО «Российские железные дороги». Распоряжение № 2288р от 14 ноября 2016 года. Инструкция по текущему содержанию железнодорожного пути. // Трудовой десант : сайт. URL: <https://www.tdesant.ru/info/item/189> (дата обращения 17.12.2024 г.).
2. Железные дороги. Общий курс. Учебник / Филиппов М. М., Уздии М. М., Ефименко Ю. И. и др.; Под ред. М. М. Филиппова. — 3-е изд., перераб. и Доп. — М.: Транспорт, 1981, 343 с.
3. Гапченко В.Ю. Рельсовые скрепления. [Текст] / В.Ю. Гапченко // Форум молодых ученых – 6(10) 2017 – 362 – 366 с.
4. Карпущенко Н.И., Величко Д.В. Обеспечение надежности железнодорожного пути и безопасности движения поездов. – Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2008. – 321 с.
5. Туманов, Д. О. Принятие решений при эксплуатации железнодорожного пути с учетом стоимости жизненного цикла / Д. О. Туманов, Д. А. Ковенькин, В. А. Подвербный // Наукосфера. – 2023. – № 5-2. – С. 335-343. – EDN GVJNDK.
6. Алтынников, Д. С. Жесткость и модуль упругости железнодорожного пути / Д. С. Алтынников, Д. А. Ковенькин // Безопасность транспорта и сложных технических систем глазами молодежи : Материалы Всероссийской молодежной научно-практической конференции, Иркутск, 10–13 апреля 2018 года. – Иркутск: Иркутский государственный университет путей сообщения, 2018. – С. 4-8. – EDN XUCYOT.
7. Обобщение мирового опыта тяжеловесного движения. Управление содержанием системы колесо-рельс / пер. с англ. под. ред. С. М. Захарова. М.: Интекст, 2017. 420 с.
8. ГОСТ 34078-2017. Прокладки рельсовых скреплений железнодорожного пути : издание официально : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 июня 2017 г. № 607-ст : введен впервые : дата введения 2018-01-01 / подготовлен Федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский институт стандартизации и сертификации в машиностроении» и ООО «Бюро по качеству «Технотест». – Москва : Стандартинформ, 2017 – 27 с. – Текст : непосредственный.
9. Ковенькин, Д. А. Нормативно-технические требования к рельсовым скреплениям при обращении грузовых поездов с осевой нагрузкой 25 т/ось / Д. А. Ковенькин // Безопасность регионов - основа устойчивого развития. – 2014. – Т. 1-2. – С. 374-376. – EDN SZZXKX.

PREFERENCE

1. JSC "Russian Railways". Schedule No. 2288p dated November 14, 2016. Instructions for the current Commonwealth of railways. // Labor landing : website. URL: <https://www.tdesant.ru/info/item/189> (retrieved on 17.12.2024)
2. Railways. The general course. Textbook / Filippov M. M., Uzdin M. M., Efimenko Yu. I. et al.; Edited by M. M. Filippov. — 3rd ed., reprint. and Additional. — M.: Trans-
port, 1981, 343 p.
3. Gapchenko V.Y. Rail fasteners. [Text] / V.Y. Kovenkin // Forum of Young Scientists – 6(10) 2017 – pp. 362-366.
4. Karpushchenko N.I., Velichko D.V. Ensuring the reliability of the railway track and the safety of train traffic. Novosibirsk: SGUPS Publishing House, 2008. 321 p.
5. Tumanov D. O., Kovenkin D. A., Podverbny V. A. Decision-making during the operation of a railway track, taking into account the cost of the life cycle // Naukosphere. – 2023. – No. 5-2. – pp. 335-343. – EDN GVJNDK.
6. Altynnikov, D. S. Rigidity and modulus of elasticity of a railway track / D. S. Altynnikov, D. A. Kovenkin // Safety of transport and complex technical systems through the eyes of youth :

Materials of the All-Russian Youth Scientific and Practical Conference, Irkutsk, April 10-13, 2018. Irkutsk: Irkutsk State University of Railways, 2018. pp. 4-8. EDN XUCYOT.

7. Generalization of the world experience of heavy lift traffic. Managing the contents of the wheel-rail / lane system. from English under. ed. S. M. Zakharova. M.: Intext, 2017. 420 p.

8. GOST 34078-2017. Laying rail fasteners of a railway track : publication officially : approved and put into effect by Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology dated June 29, 2017 No. 607-st : introduced for the first time : date of introduction 2018-01-01 / prepared by the Federal State Unitary Enterprise "All-Russian Scientific Research Institute of Standardization and Certification in Mechanical Engineering" and Technotest Quality Bureau LLC. – Moscow : Standartin-form, 2017 – 27 p. – Text : direct.

9. Kovenkin, D. A. Regulatory and technical requirements for rail fasteners when handling freight trains with an axial load of 25 tons/axle / D. A. Kovenkin // Regional security is the basis for sustainable development. – 2014. – Vol. 1-2. – pp. 374-376. – EDN SZZXKX.

Информация об авторах

Юшин Роман Алексеевич – студент группы СЖД.2-20-1, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: yushin.roma@bk.ru

Information about the author

Yushin Roman Alekseevich – student of the SZD.2-20-1 group, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: yushin.roma@bk.ru